

PROSES HIDROLISIS SAMPAH ORGANIK MENJADI GULA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA

Dedy Irawan, Zainal Arifin

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jalan Ciptomangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur 75131 Telp. (0541) 260588
ddy_iwn@yahoo.com

Abstrak

Proses hidrolisis merupakan salah satu tahap penting dari rangkaian tahapan proses produksi bioetanol berbahan baku sampah organik. Hidrolisis dengan asam klorida encer konsentrasi 0,25-1% dengan suhu 120-180 °C dan waktu 15-120 menit. Hidrolisis dilakukan dalam sebuah reactor sistem batch dengan perbandingan antara sampah organik dan larutan asam adalah 1:6. Kadar gula hasil hidrolisis ditentukan dengan metode Nelson – Somogy, bahwa kondisi terbaik hidrolisis pada suhu 120 °C, konsentrasi katalis 0,75%, waktu 30 menit dan tekanan 4 bar dengan kadar gula 29,34 mg/mL dimana yield sebesar 13,09%.

Kata kunci : asam klorida, hidrolisis, kadar gula, yield

Abstract

Hydrolysis is one of the most important stages of bioethanol production made from organic waste. Hydrolysis with dilute hydrochloric acid concentration was varied from 0.25-1% with a temperature of 120-180°C and time of 15-120 minutes. Reactant ratio 1:6 between organic waste and dilute hydrochloric acid for every stage hydrolysis was reacted in a batch reactor system. The sugars concentrations in the hydrolyzate were then analyzed by Nelson-Somogyi method. The results showed that the best conditions for hydrolysis was found at temperature of 120°C, catalyst concentration of 0.75%, time of 30 minutes and the pressure of 4 bar with the sugar concentration of 29.34 mg/mL and the yield of 13.09%.

Key word : hydrochloride acid , hydrolysis, sugar concentration, yield

PENDAHULUAN

Sampah kota mengandung bahan beraneka ragam, tetapi kandungan terbesar adalah sampah organik yang mencapai 65%. Sampah organik dari daerah perkotaan merupakan biomassa yang berat keringnya diperkirakan mengandung 75% pati, hemiselulosa, dan selulosa (Suyitno, 2007). Kandungan holoselulosa pada sampah kota Samarinda (81-100%) sebanyak 26,37% dan potensi pemanfaatannya menjadi bioetanol sebesar 5.976,82 kL/tahun (Irawan dan Zainal, 2010).

Hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer adalah yang paling umum diaplikasikan untuk mendapatkan gula sebagai. Hidrolisis asam encer dilakukan menggunakan asam mineral seperti H₂SO₄ dan HCl, pada suhu antara 120-200 °C (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Proses hidrolisis berbahan lignoselulosa yang telah dilakukan antara lain hidrolisis biji nangka menggunakan larutan HCl 0,1 N mendapatkan gula 9,84 mg/ml (Maryudi, 1999).

Hidrolisis serbuk gergaji menggunakan larutan H₂SO₄ 0,5% mendapatkan gula dengan kadar 11,53 mg/ml (Sediawan, dkk, 2007). Hidrolisis sampah buah dan sayur menggunakan larutan H₂SO₄ 0,25% menghasilkan gula 17,92 mg/ml (Wicakso, 2008).

Hidrolisis sampah organik yang telah dilakukan hanya terfokus pada fraksi buah dan sayur belum pada hidrolisis sampah organik dari seluruh fraksi yang terkandung dalam sampah tersebut. Sebagai contoh dalam sampah kota Samarinda, komposisi fraksi buah dan sayur sekitar 48,82%, sisanya dedaunan, kertas dan lain sebagainya (Irawan dan Arifin, 2010). Sehingga hidrolisis perlu dilakukan untuk seluruh fraksi dengan jumlah yang sesuai dengan komposisinya dalam sampah organik tersebut. Penelitian ini bertujuan mendapatkan kondisi terbaik, yaitu suhu dan konsentrasi katalis HCl serta waktu pada proses hidrolisis sampah organik kota menjadi gula.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampah organik kota diambil dari dua tempat pembuangan akhir sampah (TPAS) di Kota Samarinda yaitu TPAS Bukit Pinang dan Palaran. Sampah organik diklasifikasikan menurut kandungan holoselulosanya menjadi lima fraksi (Irawan dan Arifin, 2010). Setiap fraksi sampah dihidrolisis dengan larutan HCl encer. Bahan kimia seperti HCl, Nelson A, Nelson B, arsenomolybdat diperoleh dari Merck, Jerman.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian seperti yang terdapat pada Gambar 1.

Prosedur

Hidrolisis yang dilakukan seperti pada Gambar 2 diadopsi dan dimodifikasi dari Taherzadeh dan Karimi (2007). Sampah organik kering dengan ukuran \pm sebanyak 100 gr dan larutan HCl 0,25% sebanyak 600 mL dimasukkan ke dalam reaktor (*autoclave*). Hidrolisis dilakukan pada suhu 100°C selama 15 menit pada tekanan 3 bar untuk menghidrolisis lignoselulosa menjadi gula. Hidrolisat yang diperoleh dianalisa kandungan gula menggunakan metode Nelson-Somogy. Langkah yang sama untuk variasi waktu hidrolisis 30-120 menit. Suhu hidrolisis divariasikan 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, 180°C. Konsentrasi HCl divariasikan 0,25; 0,5; 0,75; 1,0%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisis pada lignoselulosa bertujuan memecah ikatan hemiselulosa dan menghilangkan kandungan lignin serta merusak struktur kristal selulosa menjadi senyawa gula sederhana (Sun dan Cheng, 2002). Sampah hasil hidrolisis pertama dinetralkan dengan air guna menghilangkan sisa katalis yang masih ada kemudian dilanjutkan hidrolisis kedua.

Hidrolisis pada suhu 120°C menghasilkan gula maksimum (13,09%). Semakin tinggi suhu maka kecepatan reaksi dan konversi semakin meningkat. Hal tersebut tidak terjadi karena terjadi reaksi lebih lanjut membentuk senyawa lain yaitu senyawa asam karboksilat, senyawa furan, dan senyawa fenol (Taherzadeh dan Niklasson, 2003). Monosakarida pada suhu tinggi seperti terlihat pada gambar 3, akan mudah terdegradasi menjadi senyawa furfural, 5-hydroxymethylfurfural, asam asetat, dan asam formiat yang sekaligus menjadi inhibitor untuk hidrolisis lanjutan.

Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Proses Hidrolisis

Suhu yang digunakan dalam proses hidrolisis variasi suhu adalah 100°C, 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C tekanan terukur 3-4 bar dengan perbandingan sampah kering dan konsentrasi katalis 0,75% adalah 1:6. Hidrolisis sampah sayur dan buah mendapatkan kadar gula yang optimal pada

perbandingan bahan baku 1: 6 (Wicakso, 2008), atas dasar itu penelitian ini menggunakan perbandingan bahan baku sampah kering dengan larutan asam 1:6

Pada suhu 120°C larutan asam secara maksimal mengkatalisis pemecahan hemiselulosa dan selulosa menjadi monomernya. Pada suhu yang lebih tinggi reaksi tidak lagi mengarah pada pembentukan monomer gula sehingga terlihat pada *yield* gula pada suhu di atas 120°C cenderung turun. Reaksi-reaksi hidrasi secara khusus terjadi selama perlakuan panas terhadap polisakarida. Hal tersebut merupakan reaksi samping yang tidak dapat dihindari pada keadaan hidrolisis yang bersifat asam. Hal ini menyebabkan gula yang terbentuk akan terdekomposisi dan mengakibatkan *yield* gula menurun.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis Terhadap Proses Hidrolisis

Variasi konsentrasi katalis asam yang dipakai dalam penelitian ini adalah dari 0,25%; 0,5%; 0,75% dan 1% dengan menggunakan suhu 120°C dan bahan baku berupa sampah kering yang telah dicampur dari fraksi I sampai dengan fraksi V dengan perbandingan 1:6 (sampah kering : katalis).

Peningkatan konsentrasi katalis akan meningkatkan laju hidrolisis karena konstanta kecepatan reaksi hidrolisis akan berbanding lurus dengan konsentrasi H^+ pada suasana asam. Penambahan asam kuat konsentrasi rendah dapat meningkatkan kuantitas gula pada proses hidrolisis lignoselulosa karena ion H^+ pada asam kuat dapat memutuskan ikatan glikosid yang terdapat pada selulosa. (Samsuri, 2007). *Yield* gula seperti yang terlihat pada tabel 2 terus meningkat sampai konsentrasi HCl 0,75% dan selanjutnya turun pada konsentrasi larutan HCl 1%. Semakin tinggi konsentrasi asam yang dipakai dalam hidrolisis seharusnya menaikkan *yield* yang didapat. Akan tetapi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam pada konsentrasi larutan diatas 0,75% tidak secara proporsional meningkatkan *yield* yang diperoleh. Larutan asam dengan konsentrasi 1 - 2% pada suhu diatas 100°C akan lebih cepat mengkatalisis reaksi dekomposisi senyawa glukosa dibandingkan reaksi pembentukan glukosa (Xiang, dkk, 2004).

Meningkatnya konsentrasi asam dalam proses hidrolisis mengakibatkan glukosa dan senyawa gula lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hydroxymethylfurfural dan furfural yang akhirnya keduanya membentuk asam formiat (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Hal ini dapat diduga sebagai penyebab penurunan *yield* gula pada konsentrasi larutan HCl lebih dari 0,75%.

Pengaruh Waktu Terhadap Proses Hidrolisis

Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan *yield* gula terbaik pada penggunaan larutan HCl adalah pada waktu hidrolisis 30 menit. Kecenderungan

derungan yang terlihat pada tabel 3 bahwa setelah waktu 30 menit *yield* gula cenderung turun. Waktu hidrolisis terhadap kayu lunak dengan proses Scholler yang pernah dilakukan menggunakan larutan asam memberikan *yield* optimal pada saat 45 menit. Sehingga dapat terlihat bahwa hidrolisis yang dilakukan pada waktu tersebut menghasilkan gula yang optimum sedangkan setelah itu gula terbentuk akan terdekomposisi kembali menjadi senyawa – senyawa lain. Hal ini yang mengakibatkan *yield* gula menjadi menurun.

Jika *yield* gula menjadi acuan utama dalam proses hidrolisis sampah kota Samarinda menjadi gula sebagai bahan baku produksi bioetanol maka pemakaian larutan HCl optimum akan tercapai pada kondisi suhu proses 120°C, waktu proses 30 menit, dengan penggunaan konsentrasi HCl 0,75%.

Beberapa perbandingan hasil penelitian hidrolisis biomassa dalam rangka produksi bioetanol dapat dilihat pada Tabel 4.

Penggunaan HCl sebagai katalis pada hidrolisis menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan dibanding H₂SO₄. Jika dibandingkan dengan penelitian Saputra (2010), maka dengan bahan, konsentrasi dan waktu yang sama kadar gulanya 1,75 kali lebih banyak. Sedangkan *yield*-nya 1,71 kali lebih tinggi.

SIMPULAN

Hidrolisis sampah organik kota menggunakan larutan HCl yang dilakukan dalam penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan larutan H₂SO₄ yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya, berdasarkan *yield* gula yang dihasilkan. Berdasarkan variasi konsentrasi katalis HCl dan suhu didapatkan kondisi terbaik berdasarkan jumlah gula yang didapat yaitu berada pada suhu 120°C dengan konsentrasi larutan HCl 0,75% dan waktu hidrolisis 30 menit. Konsentrasi gula sebesar 29,34 mg/mL dan *yield* sebesar 13,09%.

DAFTAR PUSTAKA

Irawan, D. dan Arifn, Z., 2010. Pemanfaatan Sampah Organik Kota Samarinda Menjadi Bioetanol:Klasifikasi dan Potensi. *Seminar Rekayasa dan Proses 2010*. Jurusan Teknik

Kimia UNDIP. ISSN:1411-4216, pp. D-04-1:6.

Maryudi, 1999. Pembuatan Glukosa dari Pati Biji Nangka dengan Hidrolisis Asam Khlorida. *Laporan Penelitian*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta.

Samsuri, M. 2007. Pemanfaatan sellulosa bagas Untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. Jakarta: Makara Teknologi

Saputra, I. 2010. Hidrolisis Sampah Organik Kota Samarinda dengan Katalis Asam Sulfat (H₂SO₄). *Laporan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda. Samarinda.

Sediawan, W.B., Megawati, Milliati, R., dan Syamsiah, S. 2007. Hydrolysis of Lignocellulosic Waste for Ethanol Production. *International Biofuel Conference*, Bali, Indonesia.

Sun, Y., Cheng, J. 2002. Hydrolysis Of Lignocellulosic Materials For Ethanol Production: A Review. *Bioresource Technol.* 83, 1-11.

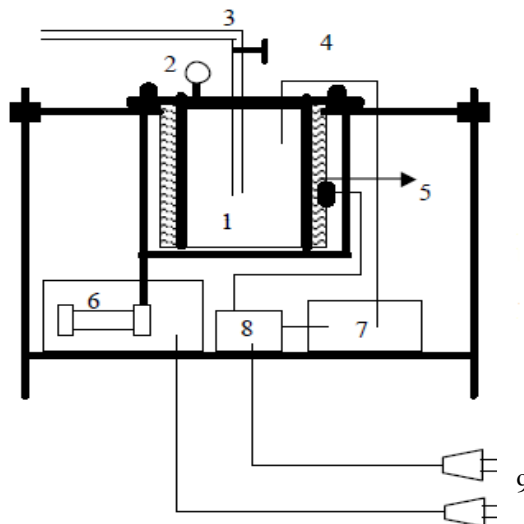
Suyitno. 2007. Waste to Energy. *artikel ilmiah dalam web*: <http://msuyitno.blogspot.com/2007/07/energi-dari-sampah-1-pendahuluan.html>. Diakses 20 Mei 2010.

Taherzadeh, M. J., dan Niklasson, C. 2003. Ethanol from Lignocellulosic Materials: Pretreatment, Acid and Enzymatic Hydrolyses and Fermentation. Prentice-Hall International, Inc : New Jersey, 3th ed. : 6-9.

Taherzadeh, M.J. dan Karimi, K. 2007. Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocelulosic Materials. *A Review, Bioresources*, 2(3) : 476.

Wicakso, D.R. 2008. Kinetika Reaksi Hidrolisis Polisakarida dari Sampah Kota (Sayur dan Buah) dengan Katalisator Asam Sulfat Encer dalam Rangka Produksi Etanol. *Laporan Tesis*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

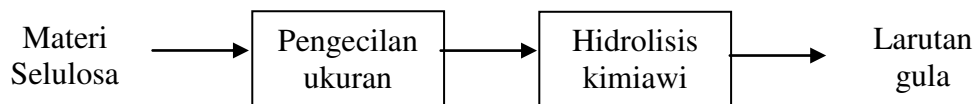
Xiang, Q., Lee, Y., Torget, R. 2004. Kinetics of Glucose Decomposition During Dilute-AcidHydrolysis of Lignocellulosic Biomass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Humana Pers. Inc. 113 : 1130-1133



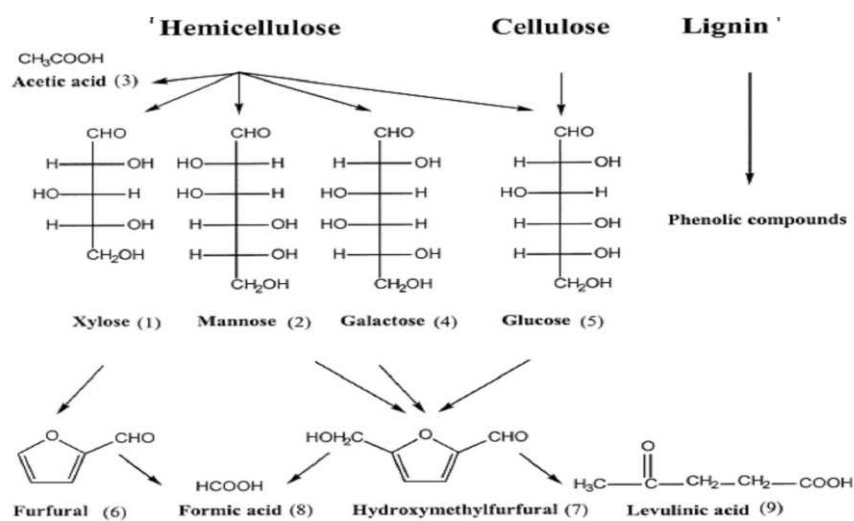
Keterangan :

1. Reaktor (Autoclave)
2. Alat ukur tekanan
3. Tempat pengambilan sampel
4. Termokopel
5. Pemanas
6. Motor penggerak reaktor
7. Thermostat
8. Kontraktor
9. Stop kontak

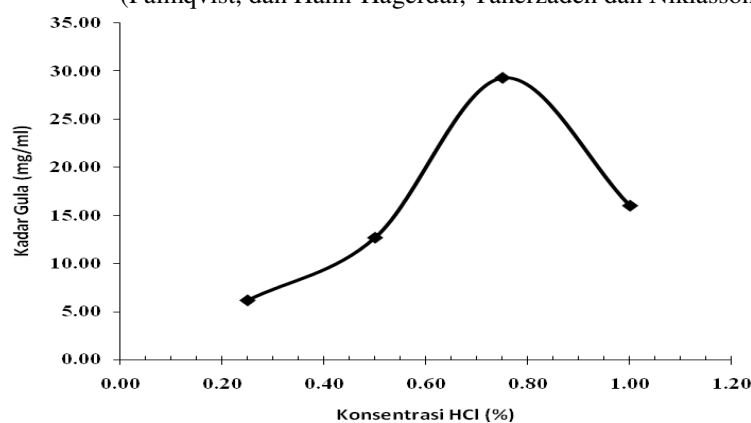
Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis



Gambar 2. Rangkaian proses pembuatan bioetanol



Gambar 3. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida (Palmqvist, dan Hahn-Hägerdal; Taherzadeh dan Niklasson, 2003)



Gambar 4. Kadar gula hasil hidrolisis pada suhu 120°C untuk berbagai variasi konsentrasi HCl

Tabel 1. Pengaruh Suhu Terhadap *Yield*

Suhu (°C)	Yield (%)
100	11,08
120	13,09
140	10,30
160	9,33
180	9,04

Tabel 2. Konsentrasi Gula Dan *Yield* Pada Berbagai Konsentrasi Katalis Pada Suhu 120°C

Variasi Konsentrasi HCl (%)	Kadar Gula (mg/mL)	Yield Gula (%)
0.25	6.19	2.11
0.5	12.72	5.92
0.75	29.34	13.09
1	16.04	5.07

Tabel 3. Konsentrasi Gula Dan *Yield* Pada Berbagai Waktu Hidrolisis Pada Suhu 120 °C Dan Konsentrasi HCl 0,75%.

Waktu Hidrolisis (menit)	Kadar Gula (mg/mL)	Yield Gula (%)
15	17,35	7,91
30	29,34	13,09
60	25,45	11,60
90	17,43	7,95
120	14,54	6,63

Tabel 4. Perbandingan Hasil Penelitian Hidrolisis

Parameter	Maryudi (1999)	Wicakso (2008)	Saputra (2010)	Penelitian ini
Bahan baku	Biji nangka	Buah dan sayur	Sampah organik	Sampah organik
Jenis reaktor	Labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk	<i>Autoclave</i>	<i>Autoclave</i>	<i>Autoclave</i>
Suhu, °C	50-90	120-220	120-180	120-180
Katalis	HCl 0,1N	H ₂ SO ₄ 0,25% (v)	H ₂ SO ₄ 0,25% (v)	HCl 0,75% (v)
Perbandingan pereaksi	1:4	1:6	1:6	1:6
Kadar gula	9,84 mg/mL	17,92 mg/mL	16,78 mg/mL	29,34 mg/mL
Yield	-	14,78 %	7,66 %	13,09 %

Tabel 5. Lima Fraksi Sesuai Dengan Kandungan Holoselulosanya

No.	Fraksi	Kandungan Holoselulosa
1	I	$0 < x \leq 20\%$
2	II	$20 < x \leq 40\%$
3	III	$40 < x \leq 60\%$
4	IV	$60 < x \leq 80\%$
5	V	$80 < x \leq 100\%$